



ЗОЛОТУХИНСКИЕ ЧТЕНИЯ

Нефть, газ и энергетика в Арктическом регионе

**Материалы Международной
научно-практической конференции**



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова»

ЗОЛОТУХИНСКИЕ ЧТЕНИЯ.
Нефть, газ и энергетика в арктическом регионе

*Материалы Международной
научно-практической конференции
(20–21 апреля 2023 г.)*

Архангельск
САФУ
2023

УДК [622.276+620.9](985)(082)
ББК [33.361+31](211)я431
3-81

Составители: Л.Н. Иконникова, Р.З. Гулиев

Золотухинские чтения. Нефть, газ и энергетика в Арктическом регионе: материалы Международной научно-практической конференции (20–21 апреля 2023 г.) / сост. Л.Н. Иконникова, Р.З. Гулиев; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2023. – 255 с. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-261-01679-3

Сборник содержит материалы секций Международной научно-практической конференции «Золотухинские чтения. Нефть, газ и энергетика в Арктическом регионе», отражающие состояние и перспективы освоения месторождений нефти и газа, топливно-энергетического комплекса в Арктической зоне.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов вузов, сотрудников научно-исследовательских и проектных институтов, представителей производственных предприятий и исследователей в области энергетики и освоения углеводородных ресурсов.

УДК [622.276+620.9](985)(082)
ББК [33.361+31](211)я431

Издается в авторской редакции

Издательский дом им. В.Н. Булатова САФУ
163060, г. Архангельск, ул. Урицкого, д. 56

ISBN 978-5-261-01679-3

© Иконникова Л.Н., Гулиев Р.З., составление,
2023

© Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пленарное заседание.....	6
<i>Иконникова Л.Н., Гулиев Р.З.</i> Приоритетные направления подготовки кадров и научных исследований в области разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений в САФУ имени М.В. Ломоносова.....	6
<i>Еремин Н.А.</i> Анатолий Борисович Золотухин – принципиальный ученый и организатор науки	23
<i>Еремин Н.А.</i> Состояние и перспективы развития цифрового нефтегазового производства	32
<i>Смирнов С.В., Марченков М.Л.</i> Концепция создания региональных объединений поставщиков и подрядчиков для нефтегазовой сферы в Арктике (на примере Ассоциации «Созвездие» в Архангельской области)	38
<i>Васёха М.В., Васильева Ж.В., Белухин А.И., Никифорова Е.С.</i> Обзор направлений транспортировки углеводородов в Арктической зоне РФ.....	44
Секция «Освоение месторождений нефти и газа в арктике»	47
<i>Amagada P.U.¹, Amagada D.U., Kuryashov D.A.</i> A machine learning approach for oil flow rate prediction using production data.....	47
<i>Симарева А.Д.</i> Аварийность на морских нефтегазопромысловых объектах в условиях Арктики	50
<i>Решетов А.А., Попов А.Л.</i> Анализ методов транспортировки высоковязкой нефти	54
<i>Власов Д.П., Иконникова Л.Н.</i> Анализ причин неэффективности проведения гидроразрыва пласта	58
<i>Овчинников В.А.</i> Анализ строительства высокотехнологичных скважин сложного профиля в арктическом регионе	63
<i>Шумков Д.С.</i> Влияние нефтегазовой промышленности на развитие северного морского пути	68
<i>Малютин Д.В., Родионова А.Л.</i> Влияние смачиваемости на основные оценочные параметры коллекторов	72
<i>Шалабанова М.С., Иконникова Л.Н.</i> Геомеханическое моделирование нефтегазовых пластовых систем	76
<i>Кузин А.М.</i> Глубинное строение Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции по данным ГСЗ.....	81
<i>Дорфман М.Ю., Ерёмин Н.А., Корельский Д.А.</i> Интегрированная модель призабойной зоны скважины	86
<i>Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е.</i> Интеллектуальное бурение для морских и шельфовых нефтегазовых месторождений.....	90
<i>Мионов А.Л.</i> Исследование слабосцементированных (рыхлых) образцов на примере Инзырейского месторождения.....	95

<i>Гурова Д.И.</i> Миграция и аккумуляция углеводородов в ловушках Шапкина-Юрьяхинского вала Тимано-Печорской НГП с позиций принципа дифференциального улавливания.....	100
<i>Кульпин Д.Л.</i> Научная не фантастика – Арктика	105
<i>Еремин Н.А., Селенгинский Д.А., Черников А.Д.</i> Об использовании методов искусственного интеллекта для решения задач в нефтегазовой отрасли	110
<i>Петрова Е.Н.</i> Обзор методов предотвращения выпадения жидкой фазы в процессе добычи газоконденсатных пластовых флюидов.....	113
<i>Шуравьев М.Д.</i> Определение экранизирующей способности пород-покрышек на примере Баяндырского месторождения	117
<i>Ермаков А.И., Бесхижко Ю.В., Бесхижко В.В.</i> Оптимальное проектирование архитектуры подводного добывающего комплекса.....	121
<i>Царёв А.М.</i> Опыт внедрения технологии закачки ПНГ в пласт для увеличения нефтеотдачи на месторождениях Арктики.....	126
<i>Матвеев П.И.</i> Особенности лицензирования недропользования в 2022 году в Архангельской области	133
<i>Панов Е.А., Пустовалова М.А., Косков Н.С.</i> Особенности эксплуатации нефтедобывающих платформ в Арктическом регионе.....	137
<i>Нуриев А.А., Стабинкас А.П.</i> Применение коэффициента вдавливания проппанта в дизайне гидравлического разрыва пласта для нефтематеринских пород доманикового комплекса.....	143
<i>Железников Н.В.</i> Применение подземных хранилищ при создании стратегического резерва нефти	146
<i>Газеев М.Х., Золотухин А.Б., Сосновский В.А., Рыбак А.Б.</i> Прогноз структуры ресурсов нефти арктических территорий с использованием фрактально-симметричных распределений.....	152
<i>Ларионов Г.Д., Иконникова Л.Н.</i> Расчет суммарного скин-фактора для добывающих скважин различного профиля.....	160
<i>Вихарев А.Н., Гох А.В.</i> Расчет характеристик насосов при работе на сеть в MATLAB	166
<i>Саранча А.В., Катренко А.И.</i> Технологии эксплуатации низкодебитных газовых скважин месторождений завершающего этапа разработки	171
<i>Еремин Н.А., Зайцев Д.И., Агеев П.Г.</i> Экологически чистый метод интенсификации добычи нефти и газа.....	175
Секция «Бурение нефтяных и газовых скважин»	181
<i>Усов Д.П.</i> Анализ применения различных типов роторных управляемых систем при проводке горизонтальных скважин	181
<i>Васёха М.В., Белухин А.И.</i> Исследование свойств буровых растворов на основе гелей	185
<i>Латин А.А.</i> Катастрофические поглощения при бурении скважин. Методы определения и борьбы с ними	188

<i>Семенов А.В.</i> Методология борьбы с поглощениями в зонах без выхода циркуляции при строительстве нефтяных и газовых скважинах	192
<i>Смагличенко Т.А., Смагличенко А.В., Саянкина М.К.</i> Низкоскоростная сейсмическая аномалия на критической глубине бурения	198
<i>Скобликов С.И.</i> Предупреждение и ликвидация осыпей и обвалов в процессе бурения.....	201
<i>Шилова Е.Г., Денисова А.И., Васендин А.А.</i> Разработка учебного стенда для изучения метрологических характеристик средств измерений электрических величин.....	206
<i>Денисова А.И., Бобожонов Э.И., Шилова Е.Г.</i> Расчет устойчивости дамб хвостохранилища отходов обогащения Ломоносовского ГОКа.....	208
<i>Тиранов П.П.</i> Регулирование свойств лигниновых реагентов буровых растворов	213
<i>Цуканова А.Н., Михеев М.А., Логачев Ю.Л.</i> Свойства буровых агентов как индикатор ферментативных изменений бурового раствора в стволе скважины.....	218
<i>Грибанов М.В.</i> Совершенствование технологии крепления скважин в многолетних мерзлых породах арктической зоны Российской Федерации	223
Энергетическое обеспечение арктической зоны.....	228
<i>Ateh Emmanuel Sunday.</i> Assessment of the energy potential of renewable resources in the Arctic region.....	228
<i>Любов В.К., Цыпнятов И.И.</i> Влияние конструкции котлов на эффективность сжигания древесных гранул.....	230
<i>Петухов С.В., Кришьянис М.В., Надеин В.Ф.</i> Модернизация электропривода собственных нужд на Архангельской ТЭЦ.....	234
<i>Бобожонов Э.И., Денисова А.И., Третьяков С.И.</i> Обработка субериновым композитом металлоконструкций в нефтегазовой отрасли.....	239
<i>Баланцев А.Р., Баланцева Н.Б., Праушков В.Е.</i> Оценка ветроэнергетического потенциала в Архангельской области	243
<i>Назаров Н.Ф.</i> Разработка математической модели сверхпроводниковой ленты для индукционного накопителя энергии.....	247
<i>Кабардин И.К., Меледин В.Г., Двойнишников С.В., Степанов К.И., Мухин Д.Г., Гориденко М.Р., Какаулин С.В., Ледовский В.Е., Зубанов К.С., Зуев В.О.</i> Разработка методов борьбы с обледенением для решения ветроэнергетических задач в Арктике	251

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ МЕТОД ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Еремин Н.А.¹, д-р техн. наук, профессор,
Зайцев Д.И.¹, аспирант,
Агеев П.Г.²

¹ Институт проблем нефти и газа Российской академии наук, г. Москва

² Группа компаний «Новас», г. Москва

Ключевые слова: Вторичный гидравлический разрыв пласта, параметрический резонанс, плазменно-импульсное воздействие.

AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHOD OF ENHANCING OIL AND GAS PRODUCTION

Eremin N.A.¹, Doctor of Technical Sciences, professor,
Zaytsev D.I.¹, postgraduate student,
Ageev P.G.²

¹ Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow

² «Novas» Group of Companies, Moscow

Keywords: Secondary hydraulic fracturing, parametric resonance, plasma pulse action.

Несмотря на растущий интерес к альтернативным экологически чистым источникам энергии, нефть и газ остаются одними из наиболее важных и дорогостоящих источников энергии в мире. Их добыча является основой для экономического и промышленного развития многих стран. Однако, по мере истощения запасов на уже открытых месторождениях с относительно легко извлекаемой нефтью и залегающей на глубинах не представляющих особых проблем для бурения, нефтедобывающие компании сталкиваются с задачами увеличения коэффициента извлечения нефти на уже разрабатываемых залежах и разработки глубоко залегающих пластов. С увеличением глубины и нахождением более сложных для разработки отложений нефти, процесс добычи становится все более трудным и требует больших затрат как финансовых, так и временных. Для разработки трудноизвлекаемых запасов необходимы более сложные и дорогостоящие технологии, такие как гидравлический разрыв пласта, кроме того, необходимо учитывать экологические и социальные аспекты, влияние на окружающую среду и взаимодействие с местными сообществами. Одной из основных проблем в добыче нефти является эффективность применяемых технологий. Существует ряд факторов, которые влияют на добычу нефти, включая характеристики и глубину залегания нефтеносных пластов, наличие природных барьеров и разломов, а также технические ограничения, связанные со сложностью применяемых технологий.

Добыча залегающей глубоко под землей нефти сложный процесс. После бурения и заканчивания скважин на естественном режиме можно добыть только до 10% от изначальных запасов нефти. При постепенном падении давления в пласте для поддержания притока применяют различного вида насосы и газлифт.

Электроцентробежные погружные насосы широко используются для обеспечения эффективной механизированной формы подъема жидкости. При этом если гидропроводность нефтяного пласта достаточно низкая, то темп отбора жидкости может быть не рентабельный. В современной реальности для интенсификации добычи широко используют гидроразрыв пласта, который позволяет увеличить продуктивность нефтеносных пластов и повысить темп и объем добычи нефти. Используя вторичные методы извлечения нефти, такие как закачка воды и газа, можно дополнительно добыть ещё порядка 20% от запасов нефти. Таким образом средний уровень нефтеотдачи на нефтяных месторождениях составляет до 30%, при этом с помощью современных методов увеличения нефтеотдачи можно извлекать до 50% общего объема нефти [4].

Неоднородность породы по геологической структуре и сосредоточение остаточных запасов нефти в слабодренируемых зонах создают проблемы в вопросе повышения нефтеотдачи. Извлечение остаточной нефти из целиков является актуальным вопросом. Кроме того, после бурения и запуска скважин не редко образовывается кольматация призабойной зоны, что негативно сказывается на проницаемости и подвижности нефти. Кольматация возникает в результате попадания механических частиц, содержащихся в буровых жидкостях вскрытия и освоения, солей и асфальто-смоло-парфинистых отложений. В такой ситуации требуется технология, способная улучшить проницаемость пластов и одновременно очистить призабойную зону от кольматанта. Скважинные кислотные обработки, хоть и являются распространенным методом очистки призабойной зоны, имеют существенные ограничения и не всегда оказывают положительный эффект, что требует дополнительных расходов на решение проблемы. Одним из решений может стать технология, способная бороться с кольматантом, улучшать проницаемость пласта на значительном расстоянии от скважины, соединяя зоны с целиками нефти, и при этом не наносить вред окружающей среде. В связи с этим, на современном этапе развития нефтяной промышленности возникает необходимость в поиске и разработке новых технологий добычи нефти, которые были бы более эффективными, экологически безопасными и позволяли бы добывать нефть из сложных месторождений, где традиционные методы неэффективны.

Целью данной статьи является описание и обоснование к использованию экологически чистой технологии, основанной на физическом воздействии на пласт для улучшения коллекторских свойств и повышения коэффициента извлечения остаточной нефти. Были использованы теоретические основы и результаты практического применения в лаборатории и на месторождениях, опубликованные за последние несколько лет в России и за рубежом.

Физические методы обработки призабойной зоны пласта активно развиваются и применяются в последние несколько лет. Их доля на рынке все еще невелика, но постоянно растет. В случае физического воздействия вместо вещества (горячая вода, пар, газ, химикаты и т.д.) для воздействия на пласт используются физические (или геофизические) поля, как показано на рис. 1.

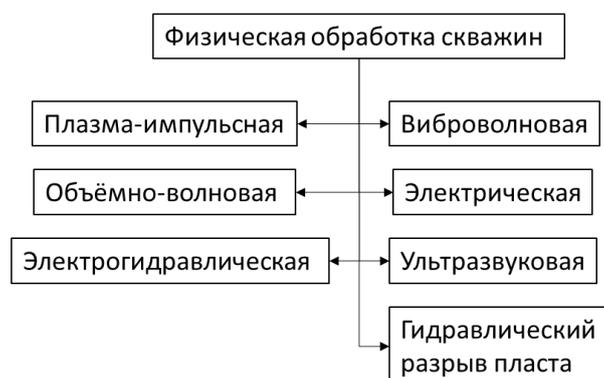


Рис. 1. Физические методы интенсификации притока к скважине

Одна из эффективных и экологически чистых технологий применяемая для очистки призабойной зоны, интенсификации притока к скважине является плазменно-импульсное воздействие (ПИВ). ПИВ так же, является один из методов повышения нефтеотдачи пласта, основанный на использовании резонансных свойств пласта. При применении данного метода на электроды подаётся мощное напряжение порядка 3000 вольт, в результате резкого скачка температуры, проводник взрывается и превращается в плазму. За счёт многократного повторения обработки каналы очищаются и кольматант выносятся в пласт, а затем обратно в ствол скважины. А также ударная волна формирует широкополосное акустическое поле, которое в жидкой среде пласта переходит в продольные и поперечные волны. А за счёт того, что последние затухают медленно, при повторном импульсе увеличивается их амплитуда, вызывая резонансные явления в пласте.

В результате обработки появляются новые микротрещины в породах, улучшается проницаемость и пьезопроводность продуктивного пласта. При лабораторных исследованиях было выявлено, что поровое пространство так же может увеличиваться. Наблюдаются такие эффекты как многократное увеличение агрегации жидкости, за счет появления флотации капли нефти выталкиваются к поверхности и уменьшается обводенность [1]. ПИВ является относительно простой и безопасной в применении технологией, проводится без добавлений химических реагентов, а также отличается своей мобильностью и быстрой окупаемостью. Продолжительность всей операции на одной скважине не превышает одних суток, после чего скважину можно сразу запускать в эксплуатацию.

Выбор скважины для обработки важная задача. Остаточная нефтенасыщенность, наличие целиков нефти и достаточное пластовое давление являются ключевыми параметрами. При этом важно отметить, что помимо призабойной зоны пласта положительное влияние, за счёт распространения упругих волн глубоко в пласт, оказывается и на соседние скважины в радиусе до 1500 метров от источника колебаний.

Типовой плазменный генератор состоит из металлического цилиндра длиной около 2500 мм и наружным диаметром порядка 100 мм. Конструкция изображена на рис. 2. Содержит блок накопительных конденсаторов, высоковольтный блок, высоковольтный трансформатор, плата управления, электродные излучатели и устройство для формирования плазменного канала. Питание подается с устья скважины на 220В, мощность питания 500 Вт и энергоемкость 1.5 кДж. Контроль осуществляется в реальном времени с помощью геофизического кабеля и контрольного модуля [5].



Рис. 2. Конструкция источника колебаний ПИВ

Для контроля эффекта от ПИВ на скважинах проводят геофизические исследования до и после обработки. Забор пробы флюида и определение гидростатических параметров – давления, температуры, динамического уровня жидкости и определение рабочих интервалов перфорации.

Метод ПИВ был опробован по всему миру и удостоился наград как инновационный метод, отвечающий современным и будущим энергетическим вызовам. Технология применялась в Калифорнии, компанией Monterey Shale. В Propell Group с успехом были обработаны пять скважин в районе Бейкерсфилд, две нагнетательные и две добывающие скважины, а также одну нагнетательную скважину близ Лос-Анджелеса [2].

В России технология применялась на многих месторождениях, входящих в состав крупных нефтегазовых компаний, таких как Роснефть и Газпромнефть. Опыт применения плазменно-импульсной технологии в различных геологотехнических условиях месторождений с терригенными и карбонатными коллекто-

рами и тяжелыми нефтями в России (Урало-Поволжье, Тимано-Печора, Западная Сибирь) приведен в таблице [3].

Опыт применения в России

№ п.п.	Месторождение	Номер скв.	Дебит, м ³ /сут	
			До воздействия	После воздействия
1	Самотлорское	8170	8.4	30
2	Туймазинское	3288	2.8	4.7
3	Бавлинское	2574	2.2	4.1
4	Сабанчинское	2125	1.8	4.5
5	Шкаповское	965	0.7	1.7
6	Западно-Ноябрьское	929	1.3	2
7	Западно-Сихорейское	70	85	165
8	Ардалинское	5	45	62
9	Ошкотынское	44	22	30
10	Дюсушевское	7	1.8	11
11	Первомайское	856	27	41
12	Советское	631	11	16
13	Мишкинское	763	1.7	20.6
14	Байтуганское	234	9.8	11.4

В статье была рассмотрена проблематика улучшения эффективности добычи нефти, раскрыта история развития классических и инновационных технологий по интенсификации добычи нефти. В заключении можно добавить, что среди известных технологий вторичного ГРП наилучшим выбором может стать технология ПИВ, которая будет успешно очищать призабойную зону пласта, улучшать проницаемость на сотни метров от скважины, соединяя зоны с целиками нефти, при этом будет экологичной и экономически рентабельной. Она была создана в результате длительных исследований в области физики плазмы и гидромеханики, и в настоящее время продолжает развиваться и совершенствоваться. ПИВ является одной из наиболее перспективных и инновационных технологий для увеличения эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений и при этом преодолеть существующие ограничения традиционных методов гидравлического разрыва пласта. Однако, как и любая технология, она имеет свои ограничения и требует дальнейшего исследования и оптимизации для максимальной эффективности и безопасности применения.

Библиографический список

1. Комплексная модель отклика пласта на плазменно-импульсное воздействие, П.Г. Агеев, А.В. Колдоба, И.В. Гасилова, Н.Ю. Повещенко, М.В. Якобовский, С.И. Ткаченко. Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН Москва, Россия 2013
2. Экспериментальные исследования плазменно-импульсного воздействия. Интенсивность пульсаций давления в обрабатываемой среде. П.Г. Агеев, Н.П. Агеев,

А.Ф. Пащенко [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2019. – № 2. – С. 106–112.

3. Технология плазменно-импульсного воздействия и сравнительный опыт применения в России на различных месторождениях, Тынчеров К.Т., Варламова Ю.В., Ганиева Р.Д., Селиванова М.В. В сборнике: Материалы 49-й Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов с международным участием, посвященной 90-летию Башкирской нефти. 2022. С. 158–164.

4. Внедрение новых технологий – надежный путь извлечения остаточных запасов месторождений углеводородов. А.А. Молчанов, П.Г. Агеев // Записки Горного института. – 2017. – Т. 227. – С. 530–539.

5. Патент № 2589442 С1 Российская Федерация, МПК G01V 1/00. скважинный источник плазменно-импульсного воздействия: № 2015127652/28: заявл. 09.07.2015: опубл. 10.07.2016 / П. Г. Агеев, Н. П. Агеев, А. В. Бочкарев, Е. И. Головкин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "НОВАС Ск". – EDN ZETUOT.